



Figura 4.21. Metoda bufferului de cadre partajat și metoda atașării prin DAC.

## 4.7. Comprımarea/decomprimarea imaginilor video

Prin comprimarea imaginilor video, rata de eșantionare și rata de biți necesară se reduce considerabil, astfel încât spațiul necesar pentru înregistrarea informațiilor video va fi mult mai redus. De exemplu, un disc CD-ROM are o capacitate maximă de 650 MB, care nu este suficientă decât pentru o secvență video de 5-6 minute. În urma comprimării informațiilor video, pe un disc CD-ROM se pot înregistra până la 74 de minute de imagini video. Chiar și în cazul noilor discuri DVD, este necesară comprimarea informațiilor video și audio pentru a asigura o lungime suficientă a programelor înregistrate.

Avantajele comprimării video (și audio) nu sunt limitate la înregistrarea pe suporturile optice sau magnetice. Comprimarea permite de asemenea transmiterea informațiilor video și audio cu rate de biți mult mai reduse. O comprimare eficientă asigură reducerea ratei de transfer necesare, ceea ce permite transmiterea unui număr mai mare de canale pe legăturile de comunicație existente, terestre și prin sateliți. Comprimarea asigură de asemenea utilizarea

calculatoarelor PC pentru aplicații multimedia, datorită spațiului de memorare și a ratei de biți mai reduse necesare pentru imagini și sunet de calitate ridicată.

De multe ori, în locul termenilor de comprimare și decomprimare se utilizează termenii de codificare și decodificare.

#### **4.7.1. Caracteristici ale standardelor de comprimare/decomprimare video**

Caracteristicile principale ale algoritmilor de comprimare/decomprimare sunt următoarele:

##### **4.7.1.1. Simetria**

În cazul unui algoritm simetric, procesele de comprimare și de decomprimare solicită aceeași putere de calcul și același interval de timp. Algoritmii nesimetrici sunt adecvați pentru comprimarea imaginilor în scopul redării lor ulterioare, ca în cazul memorării pe un CD-ROM. În acest caz, este mai avantajos să se aloce un timp mai mare pentru comprimare și să se realizeze o decomprimare care va solicita mai puțin timp și putere de calcul mai mică. Pentru comprimarea și decomprimarea imaginilor transmise în direct, cum sunt imaginile de la videoconferințe, algoritmul trebuie să fie cât mai simetric, necesitând perioade similare pentru comprimare și decomprimare.

##### **4.7.1.2. Comprimare cu pierderi și fără pierderi**

O metodă simplă pentru comprimarea unei imagini este de a elimina unele părți din conținutul imaginii, și anume cele care afectează într-o mai mică măsură calitatea acesteia. În acest caz, se va obține o comprimare cu pierderi. Metodele de comprimare cu pierderi se bazează pe caracteristicile sistemului vizual de a nu detecta lipsa unor informații. Algoritmii cu raporturi ridicate de comprimare utilizează în general metode de comprimare cu pierderi.

##### **4.7.1.3. Comprimare spațială și temporală**

Pentru imaginile dinamice există două tipuri de comprimare.

*Comprimarea spațială* se utilizează pentru un singur cadru al imaginii. Metoda încearcă reducerea cantității de informații asociate unei imagini, pe baza faptului că unele porțiuni ale imaginii au aceeași culoare și pot fi reprezentate printr-un cod corespunzător acelei culori.

*Comprimarea temporală* se bazează pe faptul că într-o imagine dinamică partea imaginii care se schimbă între două cadre succesive este foarte redusă. Astfel, nu se memorează decât schimbările care apar între cadre.

Tehnicile cele mai utilizate în standardele de comprimare/decomprimare a imaginilor video sunt descrise în continuare [14].

1. *Codificarea "run-length"*

Dacă este posibilă detectarea unei părți a imaginii care are aceeași culoare, se memorează culoarea o singură dată împreună cu un câmp de lungime, care indică partea imaginii unde se va utiliza aceeași culoare.

2. *Codificarea Huffman*

Principiul acestei codificări constă în faptul că imaginile pot fi reprezentate prin utilizarea anumitor coduri, majoritatea dintre ele având valori mai mici, comprimând astfel datele. Dacă o imagine sau un bloc de date are un număr limitat de structuri care sunt repetate, structurilor de date care apar mai frecvent li se asociază valori de cod mai mici, iar celor care apar mai rar li se asociază valori de cod mai mari. Codurile *Huffman* sunt utilizate în general în a doua etapă a comprimării, după utilizarea unei alte metode.

3. *Cuantificarea vectorilor*

Această metodă divizează imaginea în mai multe blocuri mici și identifică anumite structuri care se repetă. Se generează apoi un tabel compactat conținând structurile care se repetă, urmat de o listă codificată de vectori care indică structurile ce trebuie utilizate pentru reconstruirea imaginii. Această metodă este utilizată în combinație cu alte tehnici de comprimare.

4. *Eșantionarea subculturilor*

Această tehnică reprezintă prima etapă în multe metode de comprimare. Deoarece ochiul uman nu percepe în totalitate schimbarea culorilor la imaginile dinamice, culorile conținute în imagine sunt eşantionate la o rată scăzută, reducând astfel volumul de date.

5. *DCT (Discrete Cosine Transform)*

Tehnica utilizată în acest caz este conversia datelor eşantionate din domeniul timpului în domeniul frecvenței. Semnalele variabile în timp, care reprezintă componentele culorilor, sunt convertite într-un set de frecvențe armonice. Această conversie nu efectuează prin ea însăși comprimarea, dar matricea coeficien-

ților de frecvență care reprezintă blocurile de imagine poate fi divizată cu ușurință într-un set mai mic de valori cuantificate. Acest proces este echivalent cu eliminarea frecvențelor foarte înalte. Aranjând valorile cuantificate ale coeficienților într-o matrice specială, acestea pot fi transformate în coduri *Huffman* sau coduri "run-length". Comprimarea DCT este utilizată de standardele MPEG-1, MPEG-2 și JPEG.

#### 6. Valoarea delta de modificare a cadrului

Această metodă este aplicată în special după comprimarea cadrelor, și memorează doar modificările care apar între cadrele succesive. Metoda este eficientă pentru imaginile la care culoarea se modifică pe porțiuni mici de la un cadru la altul.

#### 7. Estimarea mișcării

Această metodă împarte imaginea în blocuri mici și compară pozițiile acestor blocuri de imagine în cadrele succesive. Dacă blocul își schimbă poziția, se memorează vectorii de mișcare care indică direcția și distanța deplasării blocului. Estimarea mișcării poate fi utilizată pentru a crea noi cadre pe baza unor informații anticipate, prin combinarea informațiilor din cadrele anterioare cu cele din vectorii de mișcare.

În secțiunile următoare se prezintă standardele cele mai utilizate pentru comprimarea și decompimarea imaginilor video.

## 4.7.2. MPEG

### 4.7.2.1. Prezentare generală a standardelor MPEG

MPEG (*Motion Picture Expert Group*) este un grup de lucru în cadrul ISO (*International Standards Organization*) și IEC (*International Electrotechnical Commission*), care a fost format pentru elaborarea unei metode de comprimare standard a imaginilor dinamice și a sunetului, în vederea transmiterii acestora pe diferite legături de comunicație și a înregistrării lor pe diferite suporturi, de exemplu CD-ROM, CD-I, Video CD. Standardul existent JPEG (*Joint Photographic Expert Group*) a fost elaborat pentru imagini statice, și nu era adecvat pentru imagini în mișcare. În urma unei întâlniri între reprezentanții ISO și IEC în 1992 a rezultat un standard pentru comprimarea video și audio, numit MPEG-1 (ISO/IEC 11172).

Pentru extinderea standardului MPEG-1 astfel încât acesta să satisfacă cerințele pentru o calitate mai ridicată, a fost elaborat standardul MPEG-2, care

a fost publicat în noiembrie 1994. MPEG-2 (ISO/IEC 13818) este o extensie compatibilă a standardului MPEG-1, care asigură o imagine și un sunet cu calitate egală cu cea a standardelor pentru studiourile TV. Ambele standarde permit raporturi de comprimare de până la 200:1, dar valoarea uzuală este în jur de 100:1.

La elaborarea standardelor MPEG au contribuit numeroase firme importante din domeniul electronicii. MPEG este de asemenea parte a altor standarde, ca de exemplu: noul standard DAVIC (*Digital Audio Visual Council*), care este înglobat în numeroase decodificatoare pentru televiziunea digitală; recomandarea ITU-R (BS 1115) pentru emisie, contribuție și distribuție; standardul ETSI (ETS 300 401) pentru transmisia audio digitală DAB (*Digital Audio Broadcasting*); recomandarea ITU-R pentru transmisia TV terestră digitală dTTb (*digital Terrestrial Television broadcasting*).

Standardele MPEG asigură compatibilitatea între echipamentele video, deoarece parametrii șirului de biți care reprezintă informația video sunt standardizați. Acești parametri cuprind ratele de biți, dimensiunile imaginilor și rezoluțiile acestora. Standardele specifică modul în care trebuie decodificat șirul de biți pentru reconstruirea imaginii, dar, în mod deliberat, nu specifică modul în care trebuie implementate echipamentele și programele de codificare și decodificare. Astfel proiectanții au libertatea de a implementa în mod cât mai eficient aceste echipamente și programe, cu păstrarea compatibilității. De aceea, nu toate echipamentele vor genera imagini video de aceeași calitate (la o anumită rată de biți), fiind disponibilă o gamă largă de echipamente, la nivele de prețuri diferite, din care utilizatorii le pot alege pe cele care corespund cel mai bine propriilor aplicații.

Comprimarea și decompimarea sunt foarte asimetrice, comprimarea în timp real necesitând un hardware costisitor. Dacă imaginea este preluată de pe un disc video sau o casetă video, se pot folosi și programe de comprimare, care utilizează plăcile existente de capturare video. În acest caz, chiar comprimarea unui mic videoclip poate dura mai multe ore. Decompimarea imaginilor MPEG cu o rată de 30 cadre/s poate fi realizată cu sisteme bazate pe procesorul Pentium.

Există o versiune specială MPEG utilizată în aplicațiile de videoconferințe pe rețele digitale, cum este ISDN. Acest standard este numit uneori P.64, deoarece permite transferuri pe blocuri cu rate de 64 Kbiți/s. Standardul complet pentru videoconferințe este numit H.320, iar secțiunea care se referă la secvențele video se numește H.263.

#### 4.7.2.2. Diferențe între standardele MPEG-1 și MPEG-2

Standardul MPEG-1 pentru video are anumite limitări, de exemplu nu permite comprimarea imaginilor video întreșesute. Rata de biți maximă specificată este de 1,856 Mbiți/s (pentru aplicații bazate pe discuri compact). Totuși, este posibilă utilizarea unor rate de biți mai ridicate în scopul creșterii calității imaginilor video, pentru alte aplicații (de exemplu, pentru transmisii TV).

Standardul MPEG-2 este o extensie a standardului MPEG-1 care permite comprimarea imaginilor video întreșesute, asigurând imagini cu calitate de studio la rate de biți cuprinse între 4 și 9 Mbiți/s. MPEG-2 este un standard pentru imagini TV cu rezoluție ridicată, și reprezintă de asemenea standardul principal pentru televiziunea de înaltă definiție (HDTV), ca și pentru noile rețele digitale interactive prin cablu. Atât MPEG-1 cât și MPEG-2 permit codificarea altor tipuri de date împreună cu datele video.

MPEG-1 și MPEG-2 sunt diferite din punct de vedere al imaginilor generate. MPEG-1 produce în general imagini cu rezoluția SIF (325×240/288). MPEG-2 poate produce imagini cu rezoluția CCIR-601 (720×480/576), ca și imagini cu rezoluțiile definite de MPEG-1. Deși MPEG-1 poate produce imagini cu rezoluții mai mari decât cea amintită, rata de transfer utilizată este mult redusă, iar imaginile video sunt de o calitate mai redusă (30 cadre/s). Cantitatea datelor prelucrate de MPEG-2 poate fi de peste patru ori mai mare decât cea a datelor prelucrate de MPEG-1, cu o rată de 60 cadre/s.

Un decodor MPEG-2 va decodifica în mod corect un șir de biți MPEG-1, generând o imagine de calitate MPEG-1. Un decodor MPEG-1 nu poate decodifica însă un șir de biți MPEG-2.

#### 4.7.2.3. Codificarea imaginilor întreșesute

În cazul imaginilor întreșesute, utilizate mai ales la aparatele de televiziune, se afișează mai întâi liniile impare (câmpul impar), iar apoi se afișează liniile pare (câmpul par). Fiecare pereche formează un cadru, fiind afișate 50 de asemenea câmpuri în fiecare secundă în cazul sistemului PAL/SECAM, respectiv 60 de câmpuri în cazul sistemului NTSC. Aceasta corespunde la 25, respectiv 30 de cadre pe secundă.

Standardul MPEG-2 utilizează avantajele imaginilor întreșesute pentru a crește suplimentar eficiența codificării și calitatea imaginilor. Imaginile cu o dinamică lentă sunt codificate cel mai eficient prin combinarea câmpurilor într-un singur cadru, și apoi codificarea cadrului. Atunci când imaginile sunt foarte dinamice, este mai eficient să se codifice fiecare câmp separat. Standardul MPEG-2 permite comutarea între cele două moduri.

#### 4.7.2.4. Profiluri și nivele

Nu toate părțile standardului MPEG-2 sunt utilizate pentru aplicațiile video MPEG-2. *Profilurile* asigură posibilitatea definirii unor subseturi ale sintaxei și semanticii standardului MPEG-2. Profilurile sunt utilizate pentru a crea un subset pentru o anumită aplicație specifică. Pe baza definițiilor șirului de biți MPEG-2, se construiește profilul pentru procesul de codificare video. Profilurile pot fi scalabile sau nescalabile. Profilurile scalabile sunt utilizate pentru codificarea imaginilor video care vor fi utilizate la transmisiile în timp real, deoarece decodorul nu trebuie să decodifice întregul șir de biți pentru reconstruirea imaginii. Dezavantajul profilurilor scalabile este complexitatea procesului de codificare. Profilurile nescalabile sunt mult mai puțin complexe, pot produce imagini de calitate mai ridicată, și sunt mai potrivite pentru imaginile memorate pe suporturi optice sau magnetice. Profilurile sunt combinate cu diferite nivele pentru a defini în mod complet codificarea/decodificarea MPEG-2 video.

Un *nivel* reprezintă definiția unor parametri fizici ca rate de biți, dimensiuni ale imaginilor sau rezoluții. Există patru nivele specificate de standardul MPEG-2: nivelul *High*, nivelul *High 1440*, nivelul *Main* și nivelul *Low*. *Video Main Profile* combinat cu *Main Level* are limitele de eșantionare conform parametrilor CCIR-601 (PAL și NTSC). Profilurile limitează sintaxa (deci algoritmi), în timp ce nivelele limitează parametrii de codificare (ratele de eșantionare, dimensiunile cadrelor, ratele de biți, dimensiunea bufferului etc.). Împreună, *Video Main Profile* și *Main Level* (prescurtat ca MP@ML) menține complexitatea în cadrul limitelor tehnicii curente, cu satisfacerea cerințelor pentru majoritatea aplicațiilor. MP@ML reprezintă combinația cea mai utilizată pentru majoritatea sistemelor TV prin cablu și satelit, însă sunt posibile diferite alte combinații pentru alte aplicații.

#### 4.7.2.5. Aplicații ale comprimării MPEG

Comprimarea video și audio conform standardelor MPEG este utilizată într-un număr mare de aplicații:

- MPEG-2 este standardul de comprimare video pentru discurile DVD video, și standardul de comprimare audio pentru sistemul de televiziune PAL/SECAM, fiind o opțiune pentru sistemul NTSC. MPEG-2 este utilizat de asemenea la discurile DVD-ROM.
- Un număr mare de aplicații pentru transmisiile radio și TV sunt bazate pe tehnologia MPEG: DSS (*Digital Satellite System*), DAB (*Digital Audio Broadcasting*), DVB (*Digital Video Broadcasting*), ADR (*Astra Digital Radio*), DBS (*Direct Broadcast Satellite*).

- Un număr mare de canale TV prin cablu (naționale și internaționale) sunt distribuite utilizând comprimarea MPEG-2 video.
- Televiziunea cu înaltă definiție HDTV (*High-Definition Television*) reprezintă un alt domeniu de utilizare a comprimării MPEG-2.
- Calculatoarele actuale permit utilizarea comprimării audio și video MPEG-1 sau MPEG-2. Fișierele MPEG sunt disponibile dintr-un număr mare de surse, inclusiv discuri CD-ROM și rețeaua *Internet*.
- Standardul MPEG este utilizat din ce în ce mai mult pe rețelele ISDN pentru a asigura o calitate audio și video foarte ridicată.
- MPEG-1 (audio și video) are aplicații la discurile CD-I și Video CD.

Un număr mare de producători oferă produse MPEG, ca de exemplu:

- Seturi de circuite dedicate pentru comprimare și decomprimare;
- Codificatoare cu rată de biți constantă și variabilă (audio și video);
- Plăci audio și video pentru calculatoarele IBM PC;
- Codificatoare și decodificatoare audio multicanal.

### 4.7.3. Motion JPEG

JPEG (*Joint Photographic Expert Group*) este un standard asemănător cu MPEG, dar nu folosește estimarea mișcării între cadre. Se utilizează în special pentru a comprima imagini statice. JPEG este utilizat de multe ori și în aplicații cu imagini dinamice, într-un mod numit *Motion JPEG*. În acest mod se poate obține un raport de comprimare între 6:1 și 10:1. *Motion JPEG* se utilizează în special atunci când imaginea dinamică trebuie editată cadru cu cadru, ca în cazul producției de filme video. Deoarece standardul MPEG creează deseori mai multe versiuni ale cadrelor, editarea lor este dificilă. Deseori, imaginea video este mai întâi comprimată în cadre JPEG, convertită în *Motion JPEG*, editată și apoi convertită în formatul MPEG pentru redare.

### 4.7.4. Cinepak

Se bazează în special pe tehnica de cuantificare a vectorilor. Algoritmul utilizat este asimetric, și este adecvat pentru aplicațiile care au un număr relativ redus de culori. Rapoartele de comprimare care se pot obține sunt de până la 40:1. Permite realizarea unor rate de 30 de cadre/s pentru imagini cu rezoluții de 320×200 pixeli și cu 65.000 de culori, pe calculatoarele cu procesor



Pentium. Standardul *Cinepak* este unul din formatele de fișiere AVI acceptate de *Video for Windows* sau *Windows 95/98*.

#### **4.7.5. Indeo**

A fost dezvoltat de firma *Intel*, ca o alternativă software la tehnologia hardware DVI (*Digital Video Interactive*). *Indeo* constă dintr-o familie de algoritmi de comprimare/decomprimare care pot fi utilizați separat sau în combinații. Se bazează pe metode cum sunt eșantionarea subcuvorilor, valoarea delta a cadrelor și cuantificarea vectorilor.

În funcție de numărul de cadre pe secundă, de dimensiunea imaginii și de numărul de culori, standardul *Indeo* va alege tehnica de comprimare cea mai potrivită. Raporturile de comprimare care se pot atinge sunt de până la 40:1. Standardul *Indeo* este de asemenea acceptat și ca un format de fișiere AVI de către *Video for Windows* sau *Windows 95/98*.